

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
Please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

This Page Blank (uspto)

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

JPA 2000-056197

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000056197 A**

(43) Date of publication of application: **25.02.00**

(51) Int. Cl

G02B 7/00

G03F 7/22

H01L 21/027

(21) Application number: **10222584**

(71) Applicant: **CANON INC**

(22) Date of filing: **06.08.98**

(72) Inventor: **SUDO YUJI**

(54) **OPTICAL UNIT, OPTICAL SYSTEM EQUIPPED WITH OPTICAL UNIT, MANUFACTURE OF OPTICAL UNIT, EXPOSURE DEVICE INCLUDING OPTICAL SYSTEM EQUIPPED WITH OPTICAL UNIT, AND MANUFACTURE OF DEVICE USING EXPOSURE DEVICE**

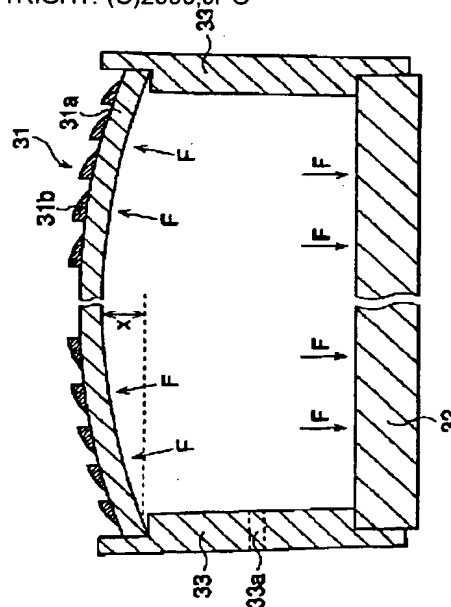
element 31 becomes nonlinear and the diffracting optical element 31 is held nondestructive.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical unit (and a stepper equipped with the unit) which does not have its attitude limited when used and has a very large degree of freedom at the time of installation.

SOLUTION: This optical unit is equipped with a diffracting optical element 3 which has an optimum function when deforming by receiving internal pressure, which is prescribed in a sealed space 34. Namely, dry air, helium gas, nitrogen gas, etc., are charged to positive pressure so that when external force variation including relative gravitational variation is applied to the optical axis of the diffracting optical element 31, the elastic deformation quantity of the diffracting optical



Partial English translations of JPA 2000-056197

[English translations of Page 7 right column, line 6 to Page 8 left column, line 4]

5 Brief description of the drawings

[FIG. 1]

Fig. 1 is a schematic view showing a structure of a stepper according to the first embodiment of the present invention.

[FIG. 2]

10 Fig. 2 is a schematic cross sectional view showing the projection optical system, which is an element of the stepper.

[FIG. 3]

Fig. 2 is a schematic cross sectional view showing the optical unit provided with the projection optical system, which is an element of the
15 stepper.

[FIG. 4]

Fig. 4 is a schematic view showing a diffraction optical element, which is an element of the stepper.

[FIG. 5]

20 Fig. 5 shows a flexibility transformation characteristic of an optical member mainly considering the diffraction optical element.

[FIG. 6]

Fig. 6 is a schematic view showing another example of the stepper according to the first embodiment of the present invention.

25 **[FIG. 7]**

Fig. 7 is a flow chart for explaining a flow of a semiconductor device manufacturing process by using the stepper according to the first embodiment of the present invention.

[FIG. 8]

- 5 Fig. 8 is a flow chart for explaining a flow of a semiconductor device manufacturing process by using the stepper according to the first embodiment of the present invention, which continues from Fig. 7.

[FIG. 9]

- Fig. 9 is a schematic cross sectional view showing a main structure of a
10 television camera according to the second embodiment of the present invention.

Descriptions of the reference numerals

- 1 : light source
2 : beam shape transformation means
15 3 : optical integrator
4 : stop member
5 : condenser lens
6 : half mirror
7 : shade
20 8 : image coupling lens
9 : light traveling direction changing mirror
10, 101 : correction optical system
11 : reticle
12 : projection optical system
25 13 : wafer
14 : wafer chuck
15 : wafer stage

- 20 : illumination system
- 21 : optical unit
- 22, 23 : lens
- 24 : lens barrel
- 5 31 : diffraction optical system
 - 31a : disk shaped substrate
 - 31b : diffraction pattern
 - 32 : sheet glass
 - 33 : holding ring
- 10 33a : through hole
- 34 : gastight space
- 101 : CCD
- 102 : focus lens group
- 103 : zoom lens group
- 15 104 : compensator lens group
- 105 : relay lens group
- step 1 : circuit design
- step 2 : mask fabrication
- step 3 : wafer manufacture
- 20 step 4 : wafer process (pre-process)
- step 5 : assembly (post-process)
- step 6 : inspection
- step 7 : shipping
- step 11 : oxidation
- 25 step 12 : CVD
- step 13 : electrode formation
- step 14 : ion implantation

- step 15 : resist processing
- step 16 : X ray exposure
- step 17 : developing
- step 18 : etching
- 5 step 19 : resist removal

[English translations of Page 5 right column, line 8 to 38]

[0033]

10 In general, diffractive optical elements are extremely thin and can therefore be set in various places in various optical devices unlike optical elements having a lens group of a multilayer complicated construction and used for the same purposes, i.e., for chromatic aberration, etc. On the other hand, because they have a reduced thickness relative to the diameter, their deformation mainly due to their own weights is a
15 consideration. In this embodiment, therefore, a gas is enclosed in the gastight space 34 so as to have a predetermined positive pressure with respect to the pressure on the outside for the purpose of preventing deformation, as described below.

[0034]

20 Not only quartz, which is a main material for the diffractive optical element 31, but also members used in optical systems generally exhibit an elastic deformation characteristic such as shown in Figure 5. That is, when the optical member undergoes a change in external force f including a relative change in the direction of gravitation on the optical axis of the
25 member, and when $0 \leq f \leq P1$, it exhibits a linear characteristic such that the displacement x is proportional to the external force f . When the external force f is larger, that is, $P1 < f < P2$, the optical member exhibits a

nonlinear characteristic such that the rate of increase in displacement x is small relative to the increase in external force f (the characteristic curve is upwardly convex as viewed in Figure 5). P_2 is a critical value at which damage to the material in the optical system occurs.

5 [0035]

In this embodiment, this characteristic is utilized and a gas is enclosed in the gastight space 34 so that the displacement x of the diffractive optical element 31 by the external force f satisfies

$$d^2x/df^2 < 0 \quad \dots (1)$$

10 and a positive internal pressure value is reached such that the diffractive optical element 31 is in a non-destructible state, in other words, pressure F in the airtight space 34 is such a positive pressure that

$$P_1 < F < P_2 \quad \dots (2)$$

is satisfied.

15 [0036]

The kind of enclosed gas depends on the wavelength of laser light used, etc. Dry air or an inert gas such as helium gas or nitrogen gas, however, is preferred.

(51)Int.Cl.	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 0 2 B 7/00		G 0 2 B 7/00	F 2 H 0 4 3
G 0 3 F 7/22		G 0 3 F 7/22	H 5 F 0 4 6
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 5 D

審査請求 未請求 請求項の数19 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平10-222584

(22)出願日 平成10年8月6日(1998.8.6)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 須藤 裕次

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ

ノン株式会社内

(74)代理人 100090273

弁理士 國分 孝悦

Fターム(参考) 2H043 AA23

5F046 CB01

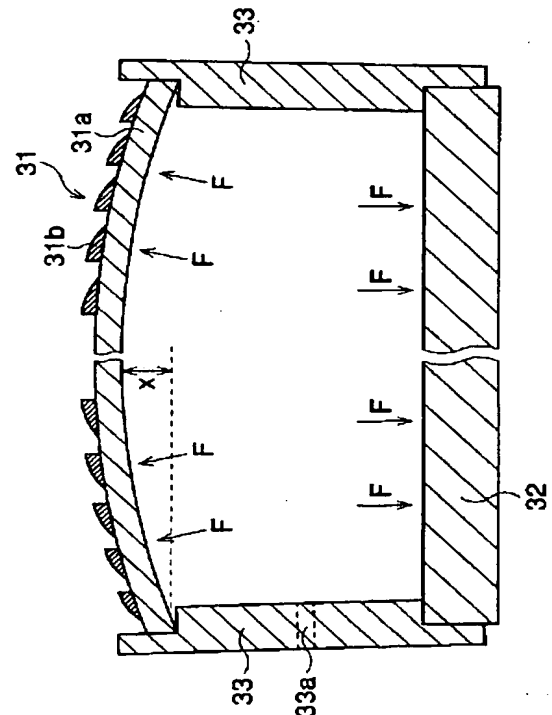
40308165.

(54)【発明の名称】 光学ユニット、光学ユニットを備えた光学系、光学ユニットの製造方法、光学ユニットを備えた光学系を含む露光装置、及び露光装置を用いたデバイスの製造方法

(57)【要約】

【課題】 使用時の姿勢に制限がなく、設置の際の自由度が極めて大きい光学ユニット（及びこれを備えたステッパ等）を提供する。

【解決手段】 光学ユニット21を、後述の内圧を受けて変形した状態が最適な機能状態となる回折光学素子31を備え、密閉空間34内に内圧が以下のように規定されている。即ち、回折光学素子31の光軸に対する相対的な重力方向変化を含む外力変化を受けたときに、回折光学素子31の弾性変形量が非線型状態となるとともに、回折光学素子31が非破壊状態に保たれる程度の正圧となるように、ドライエアやヘリウムガス、窒素ガス等を封入する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 自重で変形する光学素子を表層に有し、当該光学素子を含む前記表層により密閉空間が形成されてなる光学ユニットであって、

外力を受けたときの前記光学素子の変形量が非線型状態となる程度に当該光学素子を変形させるように、前記密閉空間内に所定の流体が封入されていることを特徴とする光学ユニット。

【請求項2】 自重で変形する光学素子を表層に有し、当該光学素子を含む前記表層により密閉空間が形成されてなる光学ユニットであって、

前記密閉空間内に所定の流体を封入することにより、外力 f とそれによる前記光学素子の弾性変形量 x が、 $d^2 x / d f^2 < 0$

の関係を満たすように、前記光学素子を変形させておくことを特徴とする光学ユニット。

【請求項3】 前記密閉空間の内圧は、前記光学素子が非破壊状態に保たれる程度の正圧とされていることを特徴とする請求項1又は2に記載の光学ユニット。

【請求項4】 前記光学素子は、表面及び／又は裏面に所定のパターンが複数形成されてなり、入射光を所望の偏向角に（回折角で）回折させる回折光学素子であることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の光学ユニット。

【請求項5】 前記表層の上部及び／又は下部に前記光学素子が設けられ、側部を囲むように保持リングが設けられていることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の光学ユニット。

【請求項6】 前記保持リングは、前記密閉空間内に前記流体を封入するための孔部を有することを特徴とする請求項5に記載の光学ユニット。

【請求項7】 前記流体は、ドライエアー、不活性ガス及び前記光学素子と同一の屈折率を有する液体のうちから選ばれた1種であることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の光学ユニット。

【請求項8】 薄肉の光学素子を形成する工程と、前記光学素子が表層の一部を構成するように、当該光学素子を含む前記表層に囲まれた密閉空間を形成する工程と、

外力を受けたときの前記光学素子の変形量が非線型状態となる程度に当該光学素子を変形させるように、前記表層を貫通する孔部から前記密閉空間内に所定の流体を封入する工程とを備え、

前記光学素子を形成する工程において、前記内圧により変形した初期状態が最適な機能状態となるように、予め前記変形を見込んで前記光学素子を形成（設計）することを特徴とする光学ユニットの製造方法。

【請求項9】 薄肉の光学素子を形成する工程と、前記光学素子が表層の一部を構成するように、当該光学素子を含む前記表層に囲まれた密閉空間を形成する工程

と、

外力 f とそれによる前記光学素子の弾性変形量 x が、 $d^2 x / d f^2 < 0$

の関係を満たすように前記光学素子を変形させるため、前記表層を貫通する孔部から所定の流体を前記密閉空間内に封入する工程とを備え、

前記光学素子を形成する工程において、前記内圧により変形した初期状態が最適な機能状態となるように、予め前記変形を見込んで前記光学素子を形成（設計）することを特徴とする光学ユニットの製造方法。

【請求項10】 薄肉の光学素子を形成する工程と、外力を受けたときの前記光学素子の変形量が非線型状態となる程度に当該光学素子を変形させる圧力雰囲気下で、前記光学素子を表層とする密閉空間を形成して、前記密閉空間内を正圧の内圧値とする気体を封入する工程とを備え、

前記光学素子を形成する工程において、前記内圧により変形した初期状態が最適な機能状態となるように、予め前記変形を見込んで前記光学素子を形成（設計）することを特徴とする光学ユニットの製造方法。

【請求項11】 薄肉の光学素子を形成する工程と、前記光学素子が表層の一部を構成するように、当該光学素子を含む前記表層に囲まれた密閉空間を形成する工程であって、

外力 f とそれによる前記光学素子の弾性変形量 x が、 $d^2 x / d f^2 < 0$

の関係を満たすように前記光学素子を変形させる圧力雰囲気下で、前記光学素子を表層とする密閉空間を形成して、前記密閉空間内を正圧の内圧値とする気体を封入する工程とを備え、

前記光学素子を形成する工程において、前記内圧により変形した初期状態が最適な機能状態となるように、予め前記変形を見込んで前記光学素子を形成（設計）することを特徴とする光学ユニットの製造方法。

【請求項12】 前記流体は、ドライエアー、不活性ガス及び前記光学素子と同一の屈折率を有する液体のうちから選ばれた1種であることを特徴とする請求項8又は9に記載の光学ユニットの製造方法。

【請求項13】 前記気体は、ドライエアー又は不活性ガスであることを特徴とする請求項10又は11に記載の光学ユニットの製造方法。

【請求項14】 前記密閉空間の内圧値を、前記光学素子が非破壊状態に保たれる程度の正圧とすることを特徴とする請求項8～13のいずれか1項に記載の光学ユニットの製造方法。

【請求項15】 前記光学素子を形成する工程において、表面及び／又は裏面に所定のパターンを複数形成し、

入射光を所望の偏向角に（回折角で）回折させる回折光学素子となるように、前記光学素子を形成することを特

徴とする請求項8～14のいずれか1項に記載の光学ユニットの製造方法。

【請求項16】 請求項1～7のいずれか1項に記載の光学ユニットと、

前記光学ユニットの前段及び後段のうち少なくとも一方に配された少なくとも1枚の光学レンズとを備え、

前記光学ユニット及び前記光学レンズが鏡筒内に一体に保持されていることを特徴とする光学系。

【請求項17】 照明光を発する光源と、

所定パターン形成されたレチクルに照明光を照射する第1光学系と、

前記レチクルを通過した照明光を被照射面に照射する第2光学系とを備え、

前記被照射面に前記レチクルの所定パターンを投影し露光を行う露光装置であって、

前記第1光学系及び／又は前記第2光学系は、請求項16に記載の光学系を含むことを特徴とする露光装置。

【請求項18】 被照射面に感光材料を塗布する工程と、

請求項17に記載の露光装置を用いて、前記感光材料が塗布された前記被照射面に所定パターンの露光を行う工程と、

前記所定パターンの露光が行われた前記感光材料を現像する工程とを備えることを特徴とするデバイスの製造方法。

【請求項19】 前記被照射面をウェハ面とし、当該ウェハ面に半導体素子を形成することを特徴とする請求項18に記載のデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光学ユニット、光学ユニットを備えた光学系、光学ユニットの製造方法、光学ユニットを備えた光学系を含む露光装置、及び露光装置を用いたデバイスの製造方法に関し、特に光学素子としていわゆる回折光学素子を適用して好適な発明である。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体素子の製造技術の進展は目覚ましく、それに伴う微細加工技術の進展も著しい。特に近年では、サブミクロンのオーダーの解像力を有する縮小投影露光装置（ステッパー）を用いて微細加工を行うことが主流であり、更なる解像力の向上に向けて、光学系の開口数（NA）の拡大や露光波長の短波長化、新しい光学素子として例えばいわゆる回折光学素子の導入も盛んに研究されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記の回折光学素子は、表面に所定のパターンが複数形成されてなり、入射光を所望の偏向角に回折させる光学素子であり、色収差補正等に優れている。

【0004】しかしながら、回折光学素子は様々な利点を有する反面、製造過程や使用時においてその自重が問題となる。即ち、回折光学素子が重力方向変化を含む外力変化を受け、光軸と重力方向が相対的に変動すると、変形量やモードが変化して機能低下が惹起される。特に、仮に製造過程で変形を抑えられたとしても、例えばテレビカメラの如く比較的機動性を要求される機器にこの回折光学素子を適用することは困難であり、ステッパーに適用するにしても設置部位が義的に決定されてしまうという欠点がある。

【0005】本発明の目的は上記従来の問題点に着目しその解決を図るべく、自重により変形せず、従って使用時の姿勢に制限がなく、設置の際の自由度が極めて大きい光学ユニット、光学ユニットを備えた光学系、光学ユニットの製造方法、光学ユニットを備えた光学系を含む露光装置、及び露光装置を用いたデバイスの製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】かかる目的を達成するために、本発明の光学ユニットは、自重で変形する光学素子を表層に有し、当該光学素子を含む前記表層により密閉空間が形成されてなる光学ユニットであって、外力を受けたときの前記光学素子の変形量が非線型状態となる程度に当該光学素子を変形させるように、前記密閉空間内に所定の流体が封入されている。

【0007】本発明の光学ユニットは、自重で変形する光学素子を表層に有し、当該光学素子を含む前記表層により密閉空間が形成されてなる光学ユニットであって、前記密閉空間内に所定の流体を封入することにより、外力 f とそれによる前記光学素子の弾性変形量 x が、
$$d^2 x / d f^2 < 0$$

の関係を満たすように、前記光学素子を変形させておく。

【0008】本発明の光学ユニットの一態様において、前記密閉空間の内圧値は、前記光学素子が非破壊状態に保たれる程度の正圧とされている。

【0009】本発明の光学ユニットの一態様において、前記光学素子は、表面及び／又は裏面に所定のパターンが複数形成されてなり、入射光を所望の偏向角に（回折角で）回折させる回折光学素子である。

【0010】本発明の光学ユニットの一態様において、前記表層の上部及び／又は下部に前記光学素子が設けられ、側部を囲むように保持リングが設けられている。

【0011】本発明の光学ユニットの一態様において、前記保持リングは、前記密閉空間内に前記流体を封入するための孔部を有する。

【0012】本発明の光学ユニットの一態様において、前記流体は、ドライエアー、不活性ガス及び前記光学素子と同一の屈折率を有する液体のうちから選ばれた1種である。

【0013】本発明の光学ユニットの製造方法は、薄肉の光学素子を形成する工程と、前記光学素子が表層の一部を構成するように、当該光学素子を含む前記表層に囲まれた密閉空間を形成する工程と、外力を受けたときの前記光学素子の変形量が非線型状態となる程度に当該光学素子を変形させるように、前記表層を貫通するように設けた孔部から前記密閉空間内に所定の流体を封入する工程とを備え、前記光学素子を形成する工程において、前記内圧により変形した初期状態が最適な機能状態となるように、予め前記変形を見込んで前記光学素子を形成（設計）する。

【0014】本発明の光学ユニットの製造方法は、薄肉の光学素子を形成する工程と、前記光学素子が表層の一部を構成するように、当該光学素子を含む前記表層に囲まれた密閉空間を形成する工程と、外力 f とそれによる前記光学素子の弾性変形量 x が、
$$d^2 x / d f^2 < 0$$

の関係を満たすように前記光学素子を変形させるため、前記表層を貫通するように設けた孔部から所定の流体を前記密閉空間内に封入する工程とを備え、前記光学素子を形成する工程において、前記内圧により変形した初期状態が最適な機能状態となるように、予め前記変形を見込んで前記光学素子を形成（設計）する。

【0015】本発明の光学ユニットの製造方法は、薄肉の光学素子を形成する工程と、外力を受けたときの前記光学素子の変形量が非線型状態となる程度に当該光学素子を変形させる圧力雰囲気下で、前記光学素子を表層とする密閉空間を形成して、前記密閉空間内を正圧の内圧値とする気体を封入する工程とを備え、前記光学素子を形成する工程において、前記内圧により変形した初期状態が最適な機能状態となるように、予め前記変形を見込んで前記光学素子を形成（設計）する。

【0016】本発明の光学ユニットの製造方法は、薄肉の光学素子を形成する工程と、前記光学素子が表層の一部を構成するように、当該光学素子を含む前記表層に囲まれた密閉空間を形成する工程であって、外力 f とそれによる前記光学素子の弾性変形量 x が、
$$d^2 x / d f^2 < 0$$

の関係を満たすように前記光学素子を変形させる圧力雰囲気下で、前記光学素子を表層とする密閉空間を形成して、前記密閉空間内を正圧の内圧値とする気体を封入する工程とを備え、前記光学素子を形成する工程において、前記内圧により変形した初期状態が最適な機能状態となるように、予め前記変形を見込んで前記光学素子を形成（設計）する。

【0017】本発明の光学ユニットの製造方法の一態様において、前記流体は、ドライエアー、不活性ガス及び前記光学素子と同一の屈折率を有する液体のうちから選ばれた1種である。

【0018】本発明の光学ユニットの製造方法の一態様

において、前記気体は、ドライエアー又は不活性ガスである。

【0019】本発明の光学ユニットの製造方法の一態様において、前記密閉空間の内圧値を、前記光学素子が非破壊状態に保たれる程度の正圧とする。

【0020】本発明の光学ユニットの製造方法の一態様では、前記光学素子を形成する工程において、表面及び／又は裏面に所定のパターンを複数形成し、入射光を所望の偏向角に回折させる回折光学素子となるように、前記光学素子を形成する。

【0021】本発明の光学系は、前記光学ユニットと、前記光学ユニットの前段及び後段のうち少なくとも一方に配された少なくとも1枚の光学レンズとを備え、前記光学ユニット及び前記光学レンズが鏡筒内に一体に保持されている。

【0022】本発明の露光装置は、照明光を発する光源と、所定パターンの形成されたレチクルに照明光を照射する第1光学系と、前記レチクルを通過した照明光を被照射面に照射する第2光学系とを備え、前記被照射面に前記レチクルの所定パターンを投影し露光を行う露光装置であって、前記第1光学系及び／又は前記第2光学系が前記光学系を含む。

【0023】本発明のデバイスの製造方法は、被照射面に感光材料を塗布する工程と、前記露光装置を用いて、前記感光材料が塗布された前記被照射面に所定パターンの露光を行う工程と、前記所定パターンの露光が行われた前記感光材料を現像する工程とを備える。

【0024】本発明のデバイスの製造方法の一態様においては、前記被照射面をウェハ面とし、当該ウェハ面に半導体素子を形成する。

【0025】

【作用】本発明の光学ユニットにおいては、その密閉空間内の内圧が以下のように規定されている。即ち、光学素子の光軸に対する相対的な重力方向変化を含む外力変化を受けたときに、当該光学素子の弾性変形量が非線型状態となるとともに、当該光学素子が非破壊状態に保たれる程度の正圧、換言すれば、光学素子の相対的な重力方向変化を含む外力 f の変化を受けたときに、当該外力 f と前記光学素子の弾性変形量 x が、
$$d^2 x / d f^2 < 0$$

の関係を満たすとともに、前記光学素子が非破壊状態に保たれる程度の正圧状態の内圧値とされる。従って、光学素子の製造過程や使用時等に前記外力を受けても、その変形量は上式を満たす程度の少量であるため、光学素子を内圧により変形した初期状態が最適な機能状態となるように設計しておくことにより、設置状態や使用状態に影響を受けずに常に当該光学素子としての良好な機能を実現することができる。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明の光学ユニットを適

用したいいくつかの具体的な実施形態を図面を用いて詳細に説明する。

【0027】（第1の実施形態）まず、第1の実施形態について説明する。図1は、第1の実施形態の投影露光装置（ステッパー）の主要構成を示す模式図である。このステッパーは、所望のパターンが描かれたレチクル11に照明光を照射するための第1光学系である照明光学系20と、レチクル11を通過した照明光が入射して当該レチクル11のパターンをウェハ13の表面に縮小投影するための第2光学系である投影光学系12と、ウェハ13が載置固定されるウェハチャック14と、ウェハチャック14が固定されるウェハステージ15とを有している。

【0028】照明光学系20は、紫外線や遠紫外線等の短波長光、ここでは照明光としての高輝度のArFエキシマレーザー光を発する光源1と、光源1からの照明光を所望の光束形状に変換するビーム形状変換手段2と、複数のシリンドリカルレンズや微小レンズを2次元的に配置されてなるオプティカルインテグレータ3と、不図示の切替手段により任意の絞りに切替可能とされ、オプティカルインテグレータ3により形成された2次光源の位置近傍に配置された絞り部材4と、絞り部材4を通過した照明光を集光するコンデンサーレンズ5と、ハーフミラー6と、例えば4枚の可変ブレードにより構成され、レチクル11の共役面に配置されてレチクル11の表面での照明範囲を任意に決定するブラインド7と、ブラインド7で所定形状に決定された照明光をレチクル11の表面に投影するための結像レンズ8と、結像レンズ8からの照明光をレチクル11の方向へ反射させる折り曲げミラー9とを備えて構成されている。

【0029】投影光学系12は、図2に示すように、前段のレンズ22及び後段のレンズ23を有してなるレンズ群と、レンズ22、23の間に設けられた光学ユニット21とを鏡筒24内に備えて構成されている。

【0030】光学ユニット21は、図3に示すように、その直径（120mm程度）に比して厚みが極めて薄肉（1mm程度）の回折光学素子31と、当該回折光学素子31と対向するように設けられたシートガラス32と、回折光学素子31及びシートガラス32を側面で保持して密閉空間34を形成するための保持リング33とを備えて構成されている。

【0031】回折光学素子31は、石英を含む材料からなり、入射光を所望の偏向角に回折させる光学素子であり、色収差補正等に優れている。この回折光学素子31は、図4（a）に示すように、例えば直径120mm程度の円盤状基板31aの表面に同心円状に回折パターン31bが形成されている。この回折パターン31bは、図4（b）に示すように、微細な略階段状（バイナリ形状）に形成されており、そのピッチや深さ等の条件が外側の同心円に向かうにつれて変化するように構成され

ている。

【0032】保持リング33は、回折光学素子31及びシートガラス32を保持固定する円環状部材であり、その側面の一部を貫通する少なくとも1つの通気孔33aが形成されている。この通気孔33aは、後述するように密閉空間34内への気体封入を経た後に封止可能に形成されている。

【0033】一般的に、回折光学素子は、色収差補正等の同目的に用いられる多層の複雑な構成を有するレンズ群をもつ光学素子と異なり、極めて薄肉であるために多様な光学機器の様々な部位に設置することが可能となる。しかしながらその反面、直径に比して薄肉であるが故に、その自重を主原因とする変形が問題視される。そこで本実施形態では、以下に示すように、変形防止のために密閉空間34内に外界に対して所定の正圧となるように気体が封入される。

【0034】回折光学素子31の主材料である石英のみならず、光学系に用いられる部材は一般的に図5に示すような弾性変形の特性を示す。即ち、当該部材の光軸に対する相対的な重力方向変化を含む外力 f の変化を受けたときに、 $0 \leq f \leq P1$ のときには外力 f に変位 x が比例する線型の特性を示す。そして更に外力 f が大きい場合、即ち $P1 < f < P2$ のときには外力 f の増加に比して変位 x の増加率が小さい非線型の特性を示す（図5中で特性曲線が上に凸となる。）。ここで、 $P2$ は光学系の材料に損傷が生じ始める臨界値である。

【0035】本実施形態では、この性質を利用して、外力 f による回折光学素子31の変位 x が、
$$d^2 x / d f^2 < 0 \quad \dots (1)$$

を満たし、回折光学素子31が非破壊状態に保たれる程度の正圧の内圧値となるように、換言すれば、密閉空間34内の圧力 F が、

$$P1 < F < P2 \quad \dots (2)$$

を満たす正圧となるように、密閉空間34内に気体を封入する。

【0036】封入する気体としては、使用するレーザー光の波長等により異なるが、ドライエアーや、ヘリウムガス、窒素ガス等の不活性ガスなどが好適である。

【0037】このとき、回折光学素子31は、前記内圧により若干変形した初期状態が最適な機能状態となるように、予め当該変形を見越してその回折パターン31bの形状・配列等が設計されている。

【0038】以上のように構成される光学ユニット21の製造方法について、以下で説明する。まず、上述のように変形を見込んで回折光学素子31を形成する。この場合、回折パターン31bを形成するには、円盤状基板31aの表面にフォトリソグラフィ及びドライエッチングを施してパターンニングを行う。ここで、回折パターンを階段状に形成するには、その段数に応じた回数のパターンニングが必要である。図4（b）の如く回折パター

ン31bを4段状に形成する場合には、所定領域毎に2回のパターニングが必要となる。円盤状基板31aが回転対称体であることを考慮し、前記所定領域を例えば3つの同心円領域の1区分とすれば、合計で $2 \times 3 = 6$ 枚のレチクルを用いた各区分毎の回転露光を用いたパターニングを行うことになる。

【0039】続いて、回折光学素子31とシートガラス32を所定距離だけ離間させて対向させ、保持リング33で保持固定して密閉空間34を形成する。そして、保持リング33に設けられた通気孔33aを通じて密閉空間34内を真空状態とした後、通気孔33aから上記した正圧の内圧値となるように、ドライエアーやヘリウムガス、窒素ガス等の不活性ガスなどを密閉空間34内に封入する。このとき、当該内圧値は、回折光学素子の大きさ等により異なるが、直径が120mm程度で厚みが1mm程度のものである場合には、 4 kg/cm^2 程度とするのが好適である。

【0040】なお、本実施形態のように密閉空間34内に気体を封入する代わりに、当該内圧と同値の気体雰囲気下で回折光学素子31を組み立てるようにすることも好適である。

【0041】また、本実施形態では、回折パターン31bが密閉空間34に対して外側となるように構成したが、微細な塵の付着等を防止する観点から密閉空間34の内側となるように形成してもよい。更に、シートガラス32の代わりに、別の回折光学素子を用いて回折光学素子31と共に一対の回折光学素子とすることも好適である。

【0042】以上説明したように、第1の実施形態の光学ユニット21においては、回折光学素子31の製造過程や使用時等に外力fを受けても、その変形量は(1)式を満たす程度の少量であるため、回折光学素子31を内圧により変形した初期状態が最適な機能状態となるように設計しておくことにより、ステッパー内への設置状態やステッパーの使用状態、例えば投影光学系12の設置角度等に影響を受けずに常に当該回折光学素子としての良好な機能を実現することができる。従って、色収差を始めとする各種の光学的収差を効率良く除去するとともに、使用時の姿勢に制限がなく、自由度が極めて大きいステッパーを実現することが可能となる。

【0043】なお、本実施形態では、ウェハ13の表面に各種収差の補正された均一な照明光を照射することを考慮して、光学ユニット21をステッパーの投影光学系12に設置した例を開示したが、図6に示すように、レチクル11の表面に同様の照明光を照射することを考慮して、投影光学系12の代わりに照明光学系20に設置してもよい。更に、ウェハ13及びレチクル11の各表面にそれぞれ同様の照明光を照射し、更なる各種収差の補正された均一な照明を達成するために、投影光学系12及び照明光学系20の双方に光学ユニット21を設置

しても好適である。

【0044】次に、図1、図6を用いて説明したステッパーを利用した半導体装置(半導体デバイス)の製造方法の一例を説明する。

【0045】図7は、半導体デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、あるいは液晶パネルやCCD等)の製造工程のフローを示す。まず、ステップ1(回路設計)では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ2(マスク製作)では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ3(ウェハ製造)ではシリコン等の材料を用いてウェハを製造する。ステップ4(ウェハプロセス)は前工程と称され、上記の如く用意したマスクとウェハを用いて、フォトリソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5(組み立て)は後工程と称され、ステップ4によって作製されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の工程を含む。ステップ6(検査)ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷(ステップ7)される。

【0046】図8は、上記ウェハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11(酸化)ではウェハの表面を酸化させる。ステップ12(CVD)ではウェハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13(電極形成)ではウェハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14(イオン打込み)ではウェハにイオンを打ち込む。ステップ15(レジスト処理)ではウェハに感光剤を塗布する。ステップ16(露光)では上記説明したステッパーによってマスクの回路パターンをウェハに焼付露光する。ステップ17(現像)では露光したウェハを現像する。ステップ18(エッチング)では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19(レジスト剥離)ではエッチングが終了して不要となったレジストを除去する。これらのステップを繰り返し行なうことによって、ウェハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0047】この製造方法を用いれば、ステップ16において本実施形態のステッパーを用いてその使用形態を限定されず自由度の高い状態で、ウェハ面に各種光学的収差の補正された均一な照明光が照射されるので、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを容易且つ確実に製造することができる。

【0048】なお、本実施形態のステッパーを用いた製造方法は、上記した半導体デバイスに限定されるものではなく、各種の電子素子や光学素子などのフォトリソグラフィによる微細加工が必要なものの全てにわたって適用可能である。即ち、光学ユニット21の構成要素である回折光学素子31の回折パターン31bの形成に当該製造方法を適用することもできる。

【0049】（第2の実施形態）続いて、第2の実施形態について説明する。この第2の実施形態においては、テレビカメラを構成するレンズの一部として光学ユニット21を用いる。なお、第1の実施形態のステッパーを構成する各種構成部材等と同様のものについては、同符号を記して説明を省略する。

【0050】図9に示すテレビカメラにおいては、光電変換素子（CCD）101の前側、すなわち被写体側にレンズ群102～105が構成されている。ここで102はフォーカシングレンズ群であり、103はバリエーターレンズ群である。また、104はコンペンセータレンズ群、105はリレーレンズ群である。

【0051】フォーカシングレンズ群102はフォーカシングレンズ鏡筒によって保持され、光軸方向に移動するように構成されており、フォーカシングレンズ群102が移動することにより、合焦動作が行われる。バリエーターレンズ群103とコンペンセータレンズ群104が移動することにより、ズーミングが行われる。そして、被写体の像がリレーレンズ群105の後方のCCD撮像素子に結像されることにより、画像が形成される。

【0052】このような構成のテレビカメラにおいて、本発明に係る光学ユニット21は例えばコンペンセータレンズ群104の最前部に固定されている。収差の発生を抑えるために必要とされたレンズ群の一部を光学ユニット21によって置き換えることができる。

【0053】また、本実施形態では密閉空間34内に封入する流体としてはドライエアーや、ヘリウムガス、窒素ガス等の不活性ガスなどの気体に限定されず、例えば回折光学素子31やシートガラス32の材料と屈折率の等しい、いわゆるインデックスマッチング液等の液体を封入してもよい。

【0054】以上説明したように、第2の実施形態の光学ユニット21においては、第1の実施形態の場合と同様に、回折光学素子31の製造過程や使用時等に外力 f を受けても、その変形量は（1）式を満たす程度の少量であるため、回折光学素子31を内圧により変形した初期状態が最適な機能状態となるように設計しておくことにより、テレビカメラ内への設置状態やテレビカメラの使用状態、例えばテレビカメラの任意の素早い移動等に影響を受けずに常に当該回折光学素子としての良好な機能を実現することができる。従って、色収差を始めとする各種の光学的収差を効率良く除去するとともに、使用時の姿勢に制限がなく、自由度が極めて大きいテレビカメラを実現することが可能となる。

【0055】

【発明の効果】本発明によれば、光学素子の製造過程や使用時等に前記外力を受けても、その変形量は線型の弾性変形に比して少量であるため、光学素子を内圧により変形した初期状態が最適な機能状態となるように設計しておくことにより、設置状態や使用状態に影響を受けず

に常に当該光学素子としての良好な機能が実現される。即ち、使用時の姿勢に制限がなく、設置の際の自由度が極めて大きい光学ユニットを備えた投影露光装置やテレビカメラ等の各種光学機器を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態のステッパーの概略構成を示す模式図である。

【図2】ステッパーの構成要素である投影光学系を示す概略断面図である。

【図3】ステッパーの構成要素である投影光学系に設けられた光学ユニットを示す概略断面図である。

【図4】光学ユニットの構成要素である回折光学素子を示す模式図である。

【図5】主に回折光学素子を対象とした光学部材の弾性変形特性を示す特性図である。

【図6】本発明の第1の実施形態のステッパーの他の例の概略構成を示す模式図である。

【図7】本発明の第1の実施形態のステッパーを用いて半導体デバイスを製造する際の製造工程を示すフロー図である。

【図8】図7に引き続き、本発明の第1の実施形態のステッパーを用いて半導体デバイスを製造する際の製造工程を示すフロー図である。

【図9】本発明の第2の実施形態のテレビカメラの主要構成を示す概略断面図である。

【符号の説明】

- 1 光源
- 2 ビーム形状変換手段
- 3 オプティカルインテグレータ
- 4 絞り部材
- 5 コンデンサーレンズ
- 6 ハーフミラー
- 7 ブラインド
- 8 結像レンズ
- 9 折り曲げミラー
- 10, 101 補正光学系
- 11 レチクル
- 12 投影光学系
- 13 ウェハ
- 14 ウェハチャック
- 15 ウェハステージ
- 20 照明光学系
- 21 光学ユニット
- 22, 23 レンズ
- 24 鏡筒
- 31 回折光学素子
- 31a 円盤状基板
- 31b 回折パターン
- 32 シートガラス

33 保持リング

33a 通気孔

34 密閉空間

101 光電変換素子 (CCD)

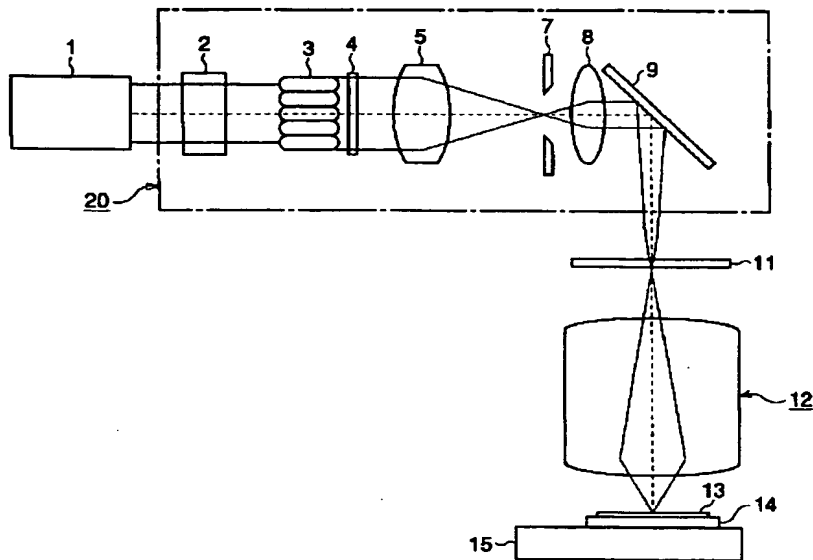
102 フォーカシングレンズ群

103 バリエーターレンズ群

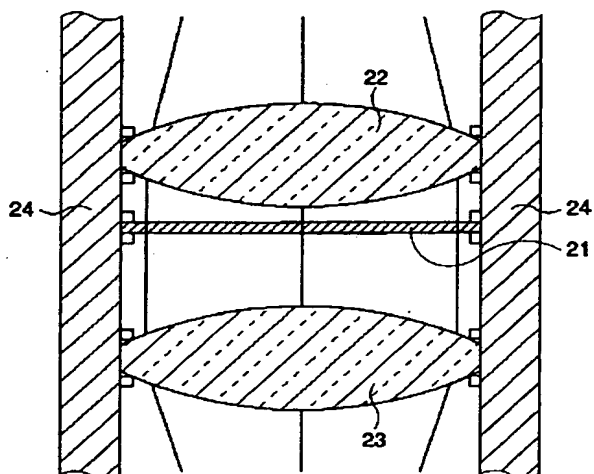
104 コンペンセーターレンズ群

105 リレーレンズ群

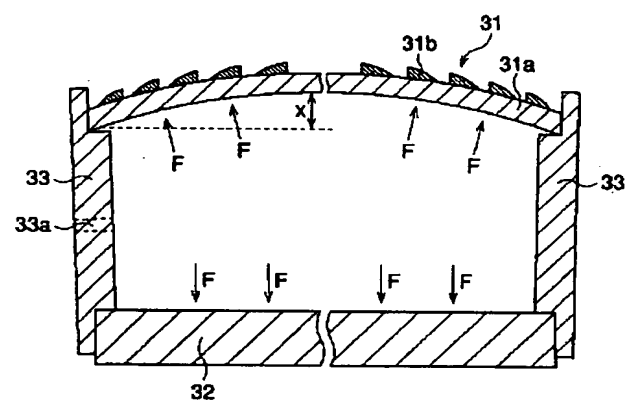
【図1】



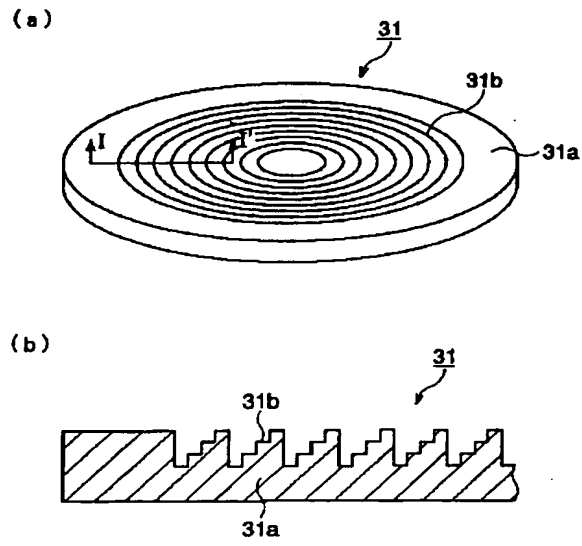
【図2】



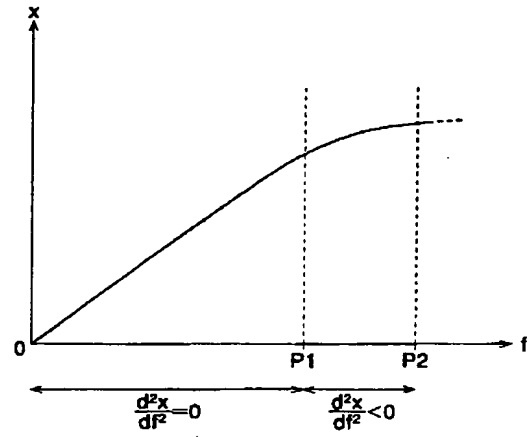
【図3】



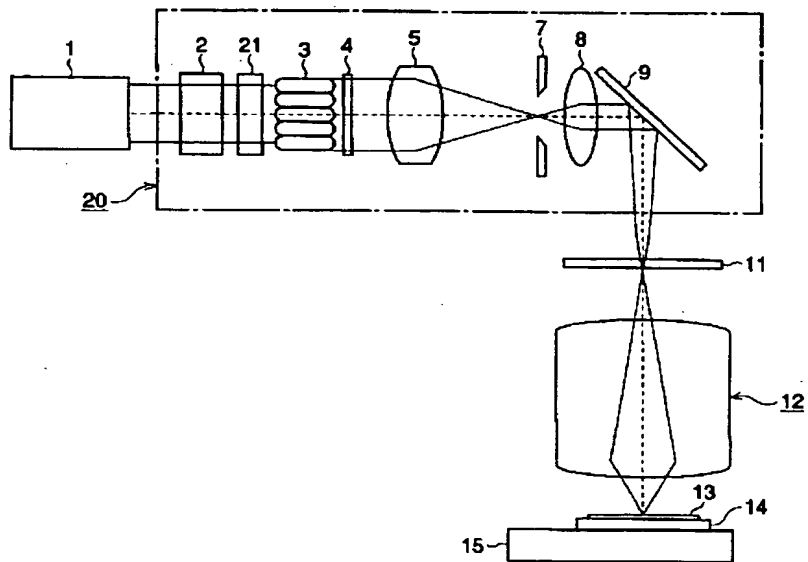
【図4】



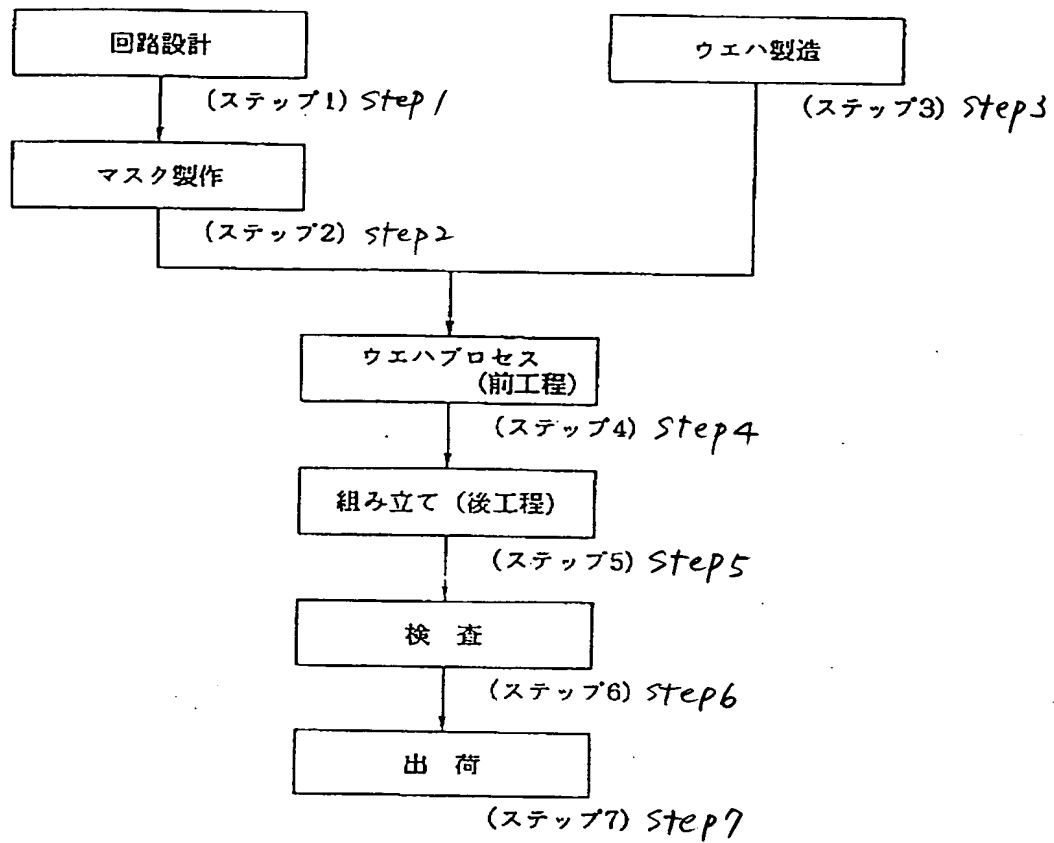
【図5】



【図6】

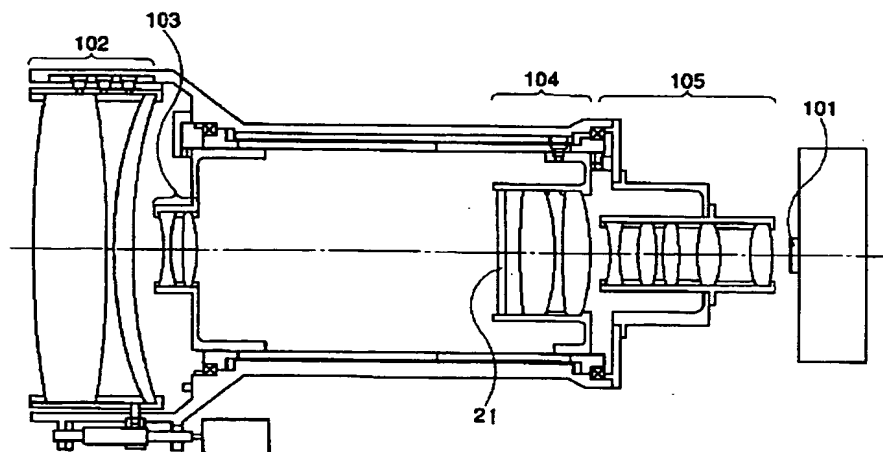


【図7】

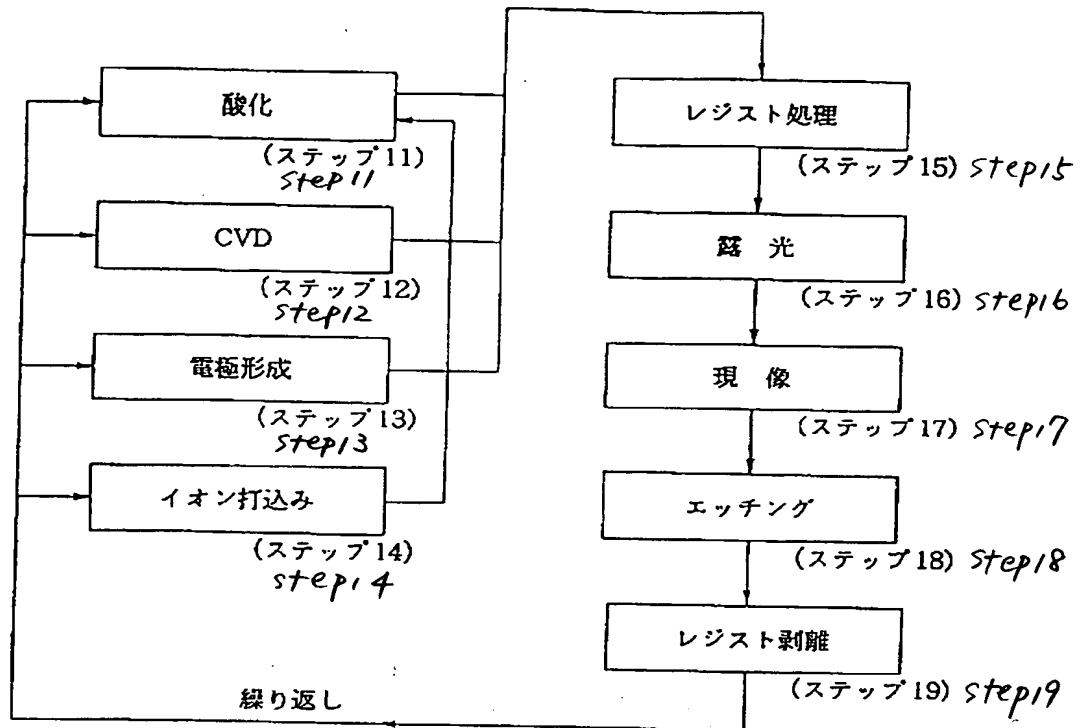


半導体デバイス製造フロー

【図9】



【図8】



ウエハプロセス

This Page Blank (uspto)